

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

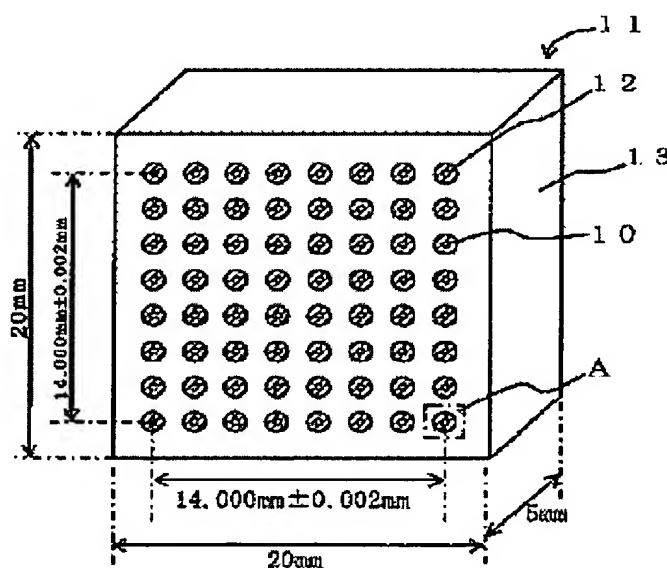
MICROHOLE ARRAY, OPTICAL FIBER ARRAY, LENS ARRAY, OPTICAL FIBER ARRAY SUBSTRATE, LENS ARRAY SUBSTRATE, CONNECTOR, AND METHOD OF MANUFACTURING MICROHOLE ARRAY

Patent number: JP2003107283
Publication date: 2003-04-09
Inventor: SUZUKI TOMIO
Applicant: NGK INSULATORS LTD
Classification:
- **international:** G02B6/36; G02B6/40
- **european:**
Application number: JP20020076870 20020319
Priority number(s):

Abstract of JP2003107283

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a microhole array in which holes for inserting or supporting optical components such as optical fibers and lenses are arrayed with excellent positional/dimensional accuracy and narrow pitch and in which a material having a low thermal expansion coefficient is used for the structure.

SOLUTION: The microhole array 11 is equipped with a plurality of holes 10 for the purpose of inserting or supporting optical fibers or lenses. The array is composed of a plurality of tubular parts 12 each of which has the hole 10 and a body base material 13 closely provided on the entirety or a part of the outer circumferential face of the tubular parts 12. The tubular part 12 is formed with resin, while the body base material 13 is formed with ceramics, glass, metal or their compound.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-107283

(P2003-107283A)

(43) 公開日 平成15年4月9日(2003.4.9)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/36
6/40

識別記号

F I

G 0 2 B 6/36
6/40

テーマコード(参考)

2 H 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-76870(P2002-76870)

(22) 出願日 平成14年3月19日(2002.3.19)

(31) 優先権主張番号 特願2001-162148(P2001-162148)

(32) 優先日 平成13年5月30日(2001.5.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-223931(P2001-223931)

(32) 優先日 平成13年7月25日(2001.7.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号

(72) 発明者 鈴木 富雄

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100088616

弁理士 渡邊 一平

Fターム(参考) 2H036 JA01 QA12 QA16 QA17 QA18

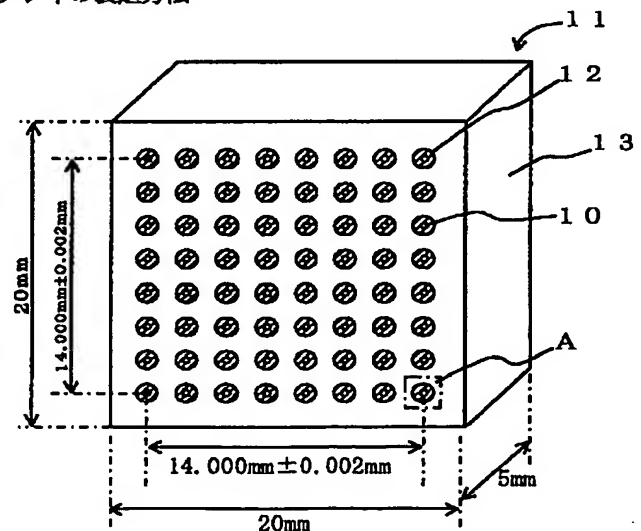
QA19 QA20 QA49 QA59

(54) 【発明の名称】 マイクロホールアレイ、光ファイバアレイ、レンズアレイ、光ファイバアレイ基板、レンズアレイ基板、コネクタ、及びマイクロホールアレイの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ、レンズ等の光学部品を嵌挿又は担持するための孔が極めて優れた位置・寸法精度、及び挟ピッチで配列されているとともに、低熱膨張率である材質により構成されているマイクロホールアレイを提供する。

【解決手段】 光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔10を備えたマイクロホールアレイ11である。孔10を備えた複数の筒状部12と、筒状部12の外周面の全体又は外周面的一部分に密接に設けられた本体基材13とより構成されており、筒状部12は、樹脂により形成されたものであり、本体基材13は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイであって、

前記孔を備えた複数の筒状部と、前記筒状部の外周面の全体又は前記外周面的一部分に密接に設けられた本体基材とより構成されており、

前記筒状部は、樹脂により形成されたものであり、

前記本体基材は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものであることを特徴とするマイクロホールアレイ。

【請求項2】 前記筒状部が、前記樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものである請求項1に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項3】 前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数が、 $12\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下である請求項1又は2に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項4】 前記樹脂がエポキシ樹脂であり、前記無機充填物が熱膨張係数 $10\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス又はガラスである請求項2に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項5】 熱膨張係数 $10\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下の前記セラミックスが、非晶質シリカである請求項4に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項6】 前記非晶質シリカの平均粒径が $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下である請求項5に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項7】 前記筒状部の熱膨張係数が $5\sim60\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ である請求項1～6のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項8】 前記筒状部が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものである請求項1～7のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項9】 前記孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものである請求項1～8のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項10】 前記樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む前記複合材料の注型時の粘度が $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下である請求項8又は9に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項11】 前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が、窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超硬合金、又はこれらの複合物である請求項1～10のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項12】 前記孔の少なくとも一方の開口面近傍において、前記孔の開口面に向かって前記孔の直径が漸増するテーパ部を有し、

前記テーパ部のテーパ角が $15\sim75^{\circ}$ である請求項1～11のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項13】 大径の孔と小径の孔とが、前記テーパ部において接続されている請求項12に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項14】 前記本体基材が、複数の板状体を積層してなる積層体であるとともに、前記板状体の積層方向に並行して前記孔を備える請求項1～13のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項15】 前記板状体が配線基板である請求項14に記載のマイクロホールアレイ。

【請求項16】 請求項1～14のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイの前記孔に光ファイバを嵌挿してなることを特徴とする光ファイバアレイ。

【請求項17】 請求項1～14のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズを担持してなることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項18】 請求項1～15のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイと、その長手方向の両端面が、前記孔の両開口面と各々同一平面を形成するように前記孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とする光ファイバアレイ基板。

【請求項19】 前記光ファイバの両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズを更に備える請求項18に記載の光ファイバアレイ基板。

【請求項20】 樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、前記孔と並行して前記本体基材に設けられており、前記アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されている請求項18又は19に記載の光ファイバアレイ基板。

【請求項21】 請求項15に記載のマイクロホールアレイの前記孔の内部にレンズを担持してなることを特徴とするレンズアレイ基板。

【請求項22】 樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、前記孔と並行して前記本体基材に設けられており、前記アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されている請求項21に記載のレンズアレイ基板。

【請求項23】 ガイドピンを嵌挿するための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであって、請求項1～15のいずれか一項に記載のマイクロホールアレイに、前記ガイドホールを備えるとともに樹脂により形成された2以上の筒状体が、光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とす

るコネクタ。

【請求項 24】 前記筒状体が、前記樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものである請求項 23 に記載のコネクタ。

【請求項 25】 前記樹脂がエポキシ樹脂であり、前記無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスである請求項 24 に記載のコネクタ。

【請求項 26】 前記筒状体の熱膨張係数が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ である請求項 23 ～ 25 のいずれか一項に記載のコネクタ。

【請求項 27】 前記筒状体が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものである請求項 23 ～ 26 のいずれか一項に記載のコネクタ。

【請求項 28】 前記樹脂、又は前記複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下である請求項 27 に記載のコネクタ。

【請求項 29】 光ファイバを嵌挿するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイの製造方法であって、複数のガイド孔を有する第一金型及び第二金型を、前記ガイド孔の開口面が対向するように配置し、

配置された第一金型と第二金型との間に、複数の一次孔を有する本体基材を配置するとともに、第一金型のガイド孔、前記本体基材の一次孔、第二金型のガイド孔へとゲージピンを挿入し、

次いで、第一金型と前記本体基材との間隙に成形材料を流し込むとともに、第二金型と前記本体基材との間隙を減圧することにより、前記ゲージピンと前記一次孔との間隙に前記成形材料を充填し、

充填された前記成形材料を硬化させた後、前記ゲージピンを抜き出すとともに前記本体基材を金型から離型して

得られた前記離型体から余剰の硬化した前記成形材料を除去することを特徴とするマイクロホールアレイの製造方法。

【請求項 30】 粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の前記成形材料を流し込む請求項 29 に記載のマイクロホールアレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ、レンズ等の光学部品を高精度に整列可能なマイクロホールアレイ、それを用いてなる光ファイバアレイ、レンズアレイ、光ファイバアレイ基板、レンズアレイ基板、及び光ファイバ同士を接続するために用いるコネクタ、並びに前記マイクロホールアレイの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバの高密度化に伴い、平面導波路 (PLC) の多心化が進んでいる。そして、多心化に合わせ、導波路素子が大型化するのを避け、更に高密度化を図るため、従来の標準的な導波路ピッチ

($250 \mu\text{m}$) を短縮化 (例えば、約半分の $127 \mu\text{m}$) する方向で開発が進められている。そして、このような光ファイバの高密度化、導波路ピッチの短縮化に合わせて、多数の光ファイバを備えた光ファイバアレイのファイバ間ピッチも短縮する方向で開発が進んでいる。

【0003】 前述の光ファイバの高密度化に対応すべく、通常、多数の光ファイバを備えた多心構造の光ファイバアレイや、光ファイバを二次元方向に整列させた二次元光ファイバアレイが用いられる。これらは、光ファイバを極めて高い位置精度で高密度に整列させたものである。

【0004】 光ファイバアレイを用いたシステムの一例として、図 12 に示す光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムがある。これは、光ファイバアレイ 1 と、この光ファイバアレイに組込まれた光ファイバ 2 から発した光信号を所定方向へと反射させるミラーアレイ 3 とを組み合わせたシステムである。なお、ここで用いられるミラーアレイ 3 とは、通常、シリコン基板 4 上に複数の微小な可動式ミラー 5 が二次元的に配置された光学部品である。

【0005】 前記スイッチングシステムにおいては、光ファイバからの光信号を正確に反射させ、更に光ファイバへ集光させ得る位置関係に、光ファイバアレイ、レンズ及びミラーアレイが配置されている必要がある。なお、ここで用いられる一般的な光ファイバアレイは、一次元方向に光ファイバを整列させた平面状の光ファイバアレイを、複数積層及び固定化することにより作製することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、光ファイバ相互の正確な位置関係を保ちつつ、平面状の光ファイバアレイを積層することは極めて困難であり、高度な技術を要する。また、積層後に接着等の操作によって光ファイバアレイ同士を固定化する際にも、接着剤の収縮等の影響によって光ファイバの位置が僅かにずれる恐れもある。従って、このような方法により光ファイバアレイを作製するには、高度な技術と労力が要求されるといった問題点があるとともに、光ファイバアレイ同士を、その内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて接続することも一般的には極めて困難である。

【0007】 位置精度良好に光ファイバを整列させるための 1 つの方法として、図 16 に示すように、予めドリル加工等によって光ファイバを嵌挿するための孔

($0.126 \text{ mm} \phi$) 10 を設けてなるマイクロホールアレイ 11 を作製した後、これに光ファイバを嵌挿することによって光ファイバアレイを作製する方法を挙げることができる。しかし、通常のマイクロホールアレイの孔の位置精度は $\pm 0.002 \text{ mm}$ 以内であることが要求されるが、セラミックス、ガラス、又は低熱膨張金属等

10

20

30

40

50

の難加工性材料に対して、ドリル加工等によって前記位置精度を満足する孔を設けることは極めて困難であり、製造コストの面においても好ましい方法とはいえない。

【0008】 一方、例えば孔を形成するための複数のピンが内部に配置された金型等を使用し、これに、例えば樹脂等の材料を流し込むことにより、図16に示す形状を有するマイクロホールアレイ11を一体成形する作製方法を挙げることができる。しかし、通常のマイクロホールアレイの孔の内径寸法の誤差範囲は、 ± 0.001 mm以内であることが要求されるが、この方法により作製されたマイクロホールアレイは、樹脂等の材料が硬化する際に収縮するために孔が楕円形等の形状に変形し易く、特に端部の孔については収縮割合が大きいために、前記誤差範囲に収まる孔とすることが困難な場合がある。

【0009】 また、図12に示すように、光ファイバアレイ1とレンズ6は極めて接近した状態で配置されていることが一般的であるが、稀にスイッチングシステム内部において温度分布を生ずる場合もあり得る。ここで、一般的な樹脂の熱膨張係数は $10 \sim 200$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 、これにガラスファイバーを始めとする、無機フィラー等を添加した場合でも $10 \sim 60$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であるのに対し、レンズの熱膨張係数は、約 $7 \sim 10$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であるため、樹脂等の材料を一体成形することにより得られたマイクロホールアレイを備えたスイッチングシステムにおいては、内部で温度分布を生じた場合には両素材の熱膨張係数の差に起因して光軸がずれ、正確な光信号の伝達が行われなくなることも想定される。

【0010】 一方、近年、プリント配線基板内における処理速度の高速化に伴い、集積回路間の電気回路の一部を光回路に置き換えた、いわゆる光電ハイブリッド配線基板の開発が進展している。この光電ハイブリッド配線基板は、光デバイス及び集積回路等からなる光電変換デバイスと、これに接続され、光や電気信号の伝送を行う光配線・電気配線を有する複合配線基板とより構成されているものであるが、この光電変換デバイスを前記複合配線基板に取り付けるに際しては、光デバイスどうしの光軸合わせや複合配線基板内の光配線との光軸合わせが困難である。また、発光素子や受光素子の二次元アレイ化の開発が進んでおり、これによって光信号の並列伝送化も進展するものと考えられるため、二次元アレイデバイス対応の光電変換デバイスの開発が望まれている。

【0011】 本発明は、このような従来技術の有する問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光ファイバ、レンズ等の光学部品を嵌挿又は担持するための孔が極めて優れた位置・寸法精度、及び挟

持されてなるレンズアレイ、光電変換デバイスを配置して用いるために好適な特性を有する光ファイバアレイ基板、光電変換デバイスを配置して用いるために好適な特性を有するマイクロレンズアレイ基板、光ファイバアレイ内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて固定することが可能なコネクタ、及び前記マイクロホールアレイの製造方法を提供することにある。

【0012】

10 【課題を解決するための手段】 即ち、本発明によれば、光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための複数の孔を備えたマイクロホールアレイであって、前記孔を備えた複数の筒状部と、前記筒状部の外周面の全体又は前記外周面的一部分に密接に設けられた本体基材とより構成されており、前記筒状部は、樹脂により形成されたものであり、前記本体基材は、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものであることを特徴とするマイクロホールアレイが提供される。

20 【0013】 本発明においては、筒状部が、樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることが好ましく、本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数が、 12 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下であることが好ましい。

【0014】 本発明においては、樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス又はガラスであることが好ましい。

30 【0015】 本発明においては、熱膨張係数 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスが、非晶質シリカであることが好ましく、非晶質シリカの平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0016】 本発明においては、筒状部の熱膨張係数が $5 \sim 60$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$ であることが好ましい。

40 【0017】 また、本発明においては、筒状部が、樹脂、又は、樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましく、また、孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものであることも好ましい。本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましい。

【0018】 更に、本発明においては、本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が、窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超硬合金、又はこれらの複合物であることが好ましい。

50 【0019】 本発明においては、孔の少なくとも一方

の開口面近傍において、孔の開口面に向かって前記孔の直径が漸増するテーパ部を有し、テーパ部のテーパ角が $15 \sim 75^\circ$ であることが好ましく、また、大径の孔と小径の孔とがテーパ部において接続されていることが好ましい。

【0020】 また、本発明においては、本体基材が、複数の板状体を積層してなる積層体であるとともに、板状体の積層方向に並行して孔を備えることが好ましく、板状体が配線基板であることが好ましい。

【0021】 一方、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレいの前記孔に光ファイバを嵌挿してなることを特徴とする光ファイバアレいが提供される。

【0022】 また、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレいの前記孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするレンズアレいが提供される。

【0023】 更に、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレいと、その長手方向の両端面が、前記孔の両開口面と各々同一平面を形成するように前記孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とする光ファイバアレい基板が提供される。

【0024】 本発明においては、前記光ファイバの両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズを更に備えることが好ましく、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、孔と並行して本体基材に設けられており、アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されていることが好ましい。

【0025】 また、本発明によれば、前述のいずれかのマイクロホールアレいの前記孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするレンズアレい基板が提供される。本発明においては、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホールが、孔と並行して本体基材に設けられており、アライメントホールにアライメントピンが嵌挿されていることが好ましい。

【0026】 更に、本発明によれば、ガイドピンを通すための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであって、前述のいずれかのマイクロホールアレいに、前記ガイドホールを備えるとともに樹脂により形成された2以上の筒状体が、光ファイバを通すための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とするコネクタが提供される。

【0027】 本発明においては、筒状体が、樹脂に代えて、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることが好ましく、更に、樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 $10 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以下のセラミックスであることが好ましい。

【0028】 本発明においては、筒状体の熱膨張係数

が $5 \sim 60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ であることが好ましい。

【0029】 また、本発明においては、筒状体が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましく、更に、樹脂、又は複合材料の注型時の粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが好ましい。

【0030】 更に、本発明によれば、光ファイバを嵌挿するための複数の孔を備えたマイクロホールアレいの製造方法であって、複数のガイド孔を有する第一金型及び第二金型を、前記ガイド孔の開口面が対向するように配置し、配置された第一金型と第二金型との間に、複数の一次孔を有する本体基材を配置するとともに、第一金型のガイド孔、前記本体基材の一次孔、第二金型のガイド孔へとゲージピンを挿入し、次いで、第一金型と前記本体基材との間隙に成形材料を流し込むとともに、第二金型と前記本体基材との間隙を減圧することにより、前記ゲージピンと前記一次孔との間隙に前記成形材料を充填し、充填された前記成形材料を硬化させた後、前記ゲージピンを抜き出すとともに前記本体基材を金型から離型して離型体を得、得られた前記離型体から余剰の硬化した前記成形材料を除去することを特徴とするマイクロホールアレいの製造方法が提供される。

【0031】 本発明においては、粘度が $10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下の成形材料を流し込むことが好ましい。

【0032】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、適宜、設計の変更、改良等が加えられることが理解されるべきである。

【0033】 本発明に係るマイクロホールアレいは、光ファイバ又はレンズを嵌挿又は担持するための孔を備えた複数の筒状部と、筒状部の外周面の全体又は前記外周面の一部分に密接に設けられた本体基材とより構成されており、筒状部は樹脂により形成されたものであり、本体基材はセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物のいずれかにより形成されたものである。以下、本発明のマイクロホールアレいについて詳細に説明する。

【0034】 図1は、本発明に係るマイクロホールアレいの一実施形態を模式的に示す斜視図であり、図2は図1のA部拡大図である。光ファイバを嵌挿するための孔10を備えた筒状部12と、この外周面の全体に密接に設けられた本体基材13によって構成された状態を示している。ここで、筒状部12は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されている。このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、この筒状部12は優れた位置精度の孔10を有している。

【0035】 図3～6は、本発明に係るマイクロホー

ルアレイの別の実施形態を示す部分拡大図であり、光ファイバを嵌挿するための孔10を備えた筒状部12と、この外周面の一部分に密接に設けられた本体基材13によって構成された状態を示している。即ち、図1に示すような、孔の開口面が二次元方向に配列されているものに限られず、一次元方向に配列されているものでもよい。更に、複数の本体基材が積層及び固定されてなる図7～9に示すような構造であっても、本発明の効果を奏することができる。

【0036】 また、本発明に係るマイクロホールアレイは、本体基材がセラミックス、ガラス、若しくは金属のいずれかの材質、又はこれらの材質の2種類以上を組み合わせた複合物により形成されている。即ち、例えば樹脂等の材料を一体成形することにより得られたマイクロホールアレイの熱膨張係数（樹脂の熱膨張係数（但し、無機フィラー等を添加した場合）：10～60 ppm/℃）に比して、レンズの熱膨張係数（7～10 ppm/℃）に近い。従って、スイッチングシステム内部において温度分布を生じた場合であっても、マイクロホールアレイとレンズとの正確な位置関係が維持され、両素材の熱膨張係数の差に起因する光信号の伝達阻害等の不具合は生じ難い。

【0037】 また、本発明においては、筒状部の構成材料が樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることも好ましい。なお、本発明にいう「樹脂と無機充填物とを含む複合材料」とは、適当な条件下において樹脂を硬化せしめたプラスチックをマトリックスとし、この中に無機充填物が分散した状態の複合材料のことを意味する。このような材料構成の複合材料は、より成形性が良好、且つ低収縮であるため、筒状部は優れた位置精度の孔を有している。

【0038】 更に、本発明においては、マイクロホールアレイとレンズとの位置関係を、より正確に維持するといった観点からは、前記本体基材を形成するセラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物の熱膨張係数は12 ppm/℃以下であることが好ましく、10 ppm/℃以下であることが更に好ましく、1～10 ppm/℃であることが特に好ましい。

【0039】 また、本発明においては、筒状部を構成する複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数10 ppm/℃以下の、セラミックス又はガラスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数10 ppm/℃以下のセラミックス又はガラス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックス又はガラスを用いると、筒状部を形成する複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制するために好ましい。具体的には、熱膨張係数が0.5 ppm/℃の非晶質シリカ、1.0 ppm/

℃のコーディエライト、-8 ppm/℃のβ-ユークリプタイト等を好適に用いることができる。なお、セラミックス又はガラスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から-8 ppm/℃前後である。

【0040】 本発明に係るマイクロホールアレイの筒状部のマトリックスとなるプラスチックとしては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック（即ち、エポキシ樹脂硬化物）であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は150～250であることが好ましい。エポキシ当量が150未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、250超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点Tgも低下するためである。

【0041】 また、本発明においては、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び/又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点Tgは、100～150℃程度となる。Tgを上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点Tgを所定の範囲内において適宜設定することができる。

【0042】 また、筒状部の孔には光ファイバが嵌挿されるため、この光ファイバへの影響を極力少なくする観点からセラミックスは微粒子状であることが好ましい。具体的には、平均粒径が20 μm以下であって、最大粒径が50 μm以下であることが好ましく、平均粒径が5 μm以下であって、最大粒径が15 μm以下であることが更に好ましい。なお、セラミックスの平均粒径の下限としては0.5 μm程度であることが好ましい。また、マトリックス中に多量に分散させるためには、粒子形状が球状であることが好ましい。これらの粒径、形状のものが実用化レベルで入手し易いことから、非晶質シリカが最適である。

【0043】 本発明においては、筒状部の熱膨張係数が5～60 ppm/℃であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。即ち、本体基材とのミスマッチもなく、本体基材と筒状部の密着性に優れるとともに、光ファイバを嵌挿するための孔についても高い位置精度が維持されたマイクロホールアレイである。

【0044】 本発明においては、筒状部が樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましい。注型によって筒状部を形成

するために作業性に優れ、微小形状や複雑形状にも対応できるといったメリットを有する。また、筒状部の孔が、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型及び硬化してなる硬化体が穿設されることにより形成されたものであることが好ましい。この硬化体は、セラミックス、ガラス、又は金属等の材質に比して加工性に優れており、精密ドリル等を用いることにより、位置精度よく、容易に加工することができるからである。

【0045】 また、本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物を含む複合材料の注型時の粘度が10 Pa・s以下であることが好ましく、8 Pa・s以下であることが更に好ましく、7 Pa・s以下であることが特に好ましい。注型による成形法によって筒状部を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の材料の粘度が10 Pa・sを超えると材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に十分な流動性を確保することができる。

【0046】 本発明においては、前記粘度の下限值については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば0.1 mPa・s以上であればよい。なお、粘度の測定には、コーンプレート型のE型回転粘度計を使用する。この測定方法においては、まず事前に材料と粘度計の接液部を所定の温度としておき、コーンプレート間に被測定液（材料）を約0.5 ml入れる。次に、被測定液が測定治具の温度と平衡になった後（約1分後）、50 rpmで回転し、1分後の値を測定粘度値とするものである。

【0047】 また、本実施形態においては、図10に示すように、孔10の少なくとも一方の開口面近傍において、孔10の開口面に向かって孔10の直径が漸増するテーパ部14を有し、テーパ部14のテーパ角 θ が15°～75°であることが好ましく、更には、図11に示すように、大径の孔と小径の孔とが、テーパ部14において接続されている構造であってもよい。このことにより、孔10への光ファイバの嵌挿が極めて容易になる。

【0048】 なお、本発明にいう「テーパ角」とは、図10において、大径の孔の縁上の任意点Aと、この点から最短である小径の孔の縁上の任意点Bとを結ぶ直線Xと、大径の孔の中心点Cと小径の孔の中心点Dとを結ぶ直線Yとが交叉して形成される角度 θ のことを意味する。また、「中心点」とは、円形の場合は円の中心であり、楕円の場合は長径と短径の交点であり、正四角形及び矩形の場合は2本の対角線の交点を意味する。更に、不定多角形の場合は、この不定多角形を、質量をもつ薄片と仮定した場合における重心を意味する。

【0049】 ここまで述べてきたように、本発明のマイクロホールアレイは、光ファイバ又はレンズを嵌挿又

は担持するための孔の寸法・位置精度が極めて良好であるとともに、樹脂を含む複合材料を使用しながらも、熱膨張係数が小さいといった特徴を有する。そして、このようなマイクロホールアレイを用いてなる本発明の別の側面である光ファイバアレイ及びレンズアレイは、寸法・位置精度が極めて良好な孔に、常法に従って光ファイバが嵌挿され作製されているために、光ファイバ又はレンズが極めて寸法・位置精度よく配列（配置）されている。

【0050】 また、本実施形態の光ファイバアレイは、図12に示すような光信号から光信号へと接続するためのスイッチングシステムに用いた際に、システム内部において温度分布が生じた場合であっても、レンズ6の熱膨張係数と、光ファイバアレイ1を構成する本体基材13の熱膨張係数が近似しているために、光ファイバ2とレンズ6との正確な位置関係が維持され、光信号の正確な伝達が確保される。

【0051】 更に、本発明の更に別の側面は、例えば、その表面上に光デバイス、集積回路等を備えた光電変換デバイス等を配置して用いるのに好適な光ファイバアレイ基板であり、これまで述べてきたいずれかのマイクロホールアレイと、その長手方向の両端面が、貫通孔の両開口面と各々同一平面を形成するように貫通孔に嵌挿された光ファイバとを備えることを特徴とするものである。以下、その詳細について説明する。

【0052】 図17は、本発明に係る光ファイバアレイ基板の一実施形態を模式的に示す斜視図である。光ファイバアレイ基板55は、複数の配線基板71を積層した積層体の所定の位置に、その内部に孔を有するとともに、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料によって形成された筒状部12を有するマイクロホールアレイ11を備えており、光ファイバの長手方向の両端面が前述の孔の両開口面と各々同一平面を形成するように、孔の内部に光ファイバ2が嵌挿されることにより構成されている。なお、この光ファイバアレイ基板55の上には、光デバイス40とこれに接続する集積回路43等からなる光電変換デバイスを配置して用いることができる。このとき、光デバイス40の光信号送受信部は、光ファイバ2の長手方向の両端面のうち、一端面に対応する位置関係となるように配置される。更に、この光ファイバアレイ基板55は、光配線基板48、電気配線基板49等の基板の上に配置され、これらの基板と光信号又は電気信号を送受信すべく接続して用いることができる。

【0053】 ここで、本実施形態の光ファイバアレイ基板55を構成するマイクロホールアレイ11の熱膨張係数は3～9 ppm/°C程度であるのに対し、これに配置される光電変換デバイス（光デバイス40、集積回路43等）の熱膨張係数は3～8 ppm/°Cである。即ち、両者の熱膨張係数は近似した値であるため、例えば

集積回路43が過熱状態になった場合であっても、光ファイバ2と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。従って、光信号の伝達阻害や、光デバイスの剥離、割れ等の不具合が生じ難いといった効果を示す。

【0054】 また、本実施形態の光ファイバアレイ基板55を構成するマイクロホールアレイ11の熱伝導率は15~20W/mK程度であり、例えばガラスファイバと樹脂等からなる配線基板の熱伝導率(0.5W/mK)に比して放熱し易いものである。従って、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、光ファイバ2と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。また、この光ファイバアレイ基板11上に放熱を促すためのヒートシンク等の部材を設置する必要もないため、省スペースに優れ、基板上の構造を簡略化することができる。

【0055】 なお、光ファイバアレイ基板の上に配置される光電変換デバイスを構成する光デバイスの具体例としては、面発光レーザー(vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) アレイ、フォトダイオードアレイ、光電変換LSI等を挙げることができ、また、これらの複数を所望の組み合わせで用いることができる。

【0056】 本発明の実施形態においては、光ファイバ40の両端面のうち少なくとも一端面に、その凸面を外側に向けて形成されたマイクロレンズ45を更に備えることが好ましい(図17、18)。光ファイバ2又は光デバイス40から送信された光信号46は、この光信号46の送出箇所を基点として広がりつつ進行する。従って、光ファイバアレイ基板が、例えばシングルモード対応の光ファイバを用いたものである場合、光デバイス40から発信した光信号46を前述の光ファイバ2のコア47(直径=0.01mmφ)に正確に伝達することが困難となる場合がある。しかし、光ファイバ2の端面に、その凸面を外側に向けてマイクロレンズ45を形成することにより、例えばコア47の直径が0.01mmφであるシングルモード対応の光ファイバ2の、前記コア47に正確に光信号46を送信することが可能となる。

【0057】 なお、このマイクロレンズ45は、前述のように光ファイバ2の一端面のみに形成されていてもよいが、より正確な送受信を行うためには両端面に形成されていることが好ましい。また、マイクロレンズ45は光信号を効率的に収束及び透過し得る透明樹脂、具体的にはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、及びポリカーボネート等により形成されたものであればよい。マイクロレンズ45の形成方法としては、所定の形状を有する金型を用いる注型法、プレス法等を具体例として挙げることができる。

【0058】 更に、本発明の実施形態においては、樹

脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホール60が、マイクロホールアレイ11の孔と並行に設けられており、このアライメントホール60にアライメントピン50が嵌挿されていることが好ましい。アライメントホール60を有する筒状部材65は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、アライメントホール60はその位置精度が極めて優れている。また、このように位置精度に優れたアライメントホール60にアライメントピン50を嵌挿し、このアライメントピン50を、下層の複合配線板(光配線基板48、電気配線基板49)に設けられた所定の固定用の貫通孔等まで嵌挿するため、光電変換デバイスの光デバイス40、及び光ファイバ2の光軸と、複合配線板(光配線基板48)の光回路部の光軸とを正確に合わせることができる。

【0059】 更に、光ファイバアレイ基板55を適当な配線基板(光配線基板48)上に配置する際に、この配線基板側にも前記アライメントピン50が嵌挿され得る孔を設けておくことにより、光ファイバ2と配線基板(光配線基板48)との関係、光ファイバ2と光デバイス40等との関係についても位置精度が良好となる。

【0060】 本発明の更に別の側面は、例えば、その表面上に光デバイス、集積回路等を備えた光電変換デバイス等を配置して用いるのに好適なレンズアレイ基板であり、本体基材が、複数の配線基板を積層してなる積層体であるとともに、配線体の積層方向に並行して孔を備えるマイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されてなることを特徴とするものである。以下、その詳細について説明する。

【0061】 図19は、本発明に係るレンズアレイ基板の一実施形態を模式的に示す斜視図である。レンズアレイ基板70は、複数の配線基板71を積層した積層体の所定の位置に、その内部に孔を有するとともに、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料によって形成された筒状部12を有するマイクロホールアレイ11を有しており、この孔の内部にレンズ72が担持されているものである。なお、このレンズアレイ基板70の上には、光デバイス40とこれに接続する集積回路43等からなる光電変換デバイスを配置して用いることができる。このとき、光デバイス40の光信号送受信部は、レンズ72を備えた孔の両端のうち、一端に対応する位置関係となるように配置される。更に、このレンズアレイ基板70は、光配線基板48、電気配線基板49等の基板の上に配置され、これらの基板と光信号又は電気信号を送受信すべく接続して用いることができる。

【0062】 ここで、本実施形態のレンズアレイ基板70を構成するマイクロホールアレイ11の熱膨張係数は3~9ppm/℃程度であるのに対し、これに配置される光電変換デバイス(光デバイス40、集積回路43

等)の熱膨張係数は3~8ppm/℃である。即ち、両者の熱膨張係数は近似した値であるため、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。従って、光信号の伝達阻害や、光デバイスの剥離、割れ等の不具合が生じ難いといった効果を示す。

【0063】 また、本実施形態のレンズアレイ基板70を構成するマイクロホールアレイ11の熱伝導率は15~20W/mK程度であり、例えばガラスファイバと樹脂等からなる配線基板の熱伝導率(0.5W/mK)に比して放熱し易いものである。従って、例えば集積回路43が過熱状態になった場合であっても、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40の光信号送受信部との正確な位置関係が維持される。また、このレンズアレイ基板11上に放熱を促すためのヒートシンク等の部材を設置する必要もないため、省スペースに優れ、基板上の構造を簡略化することができる。更に、光電変換デバイスと組み合わせて用いる場合には、別の構成部材としてのレンズアレイを配置する必要がなく、位置合わせの省略や、装置全体の小型化が可能である。

【0064】 なお、光ファイバアレイ基板の上に配置される光電変換デバイスを構成する光デバイスの具体例としては、前述の光ファイバアレイの場合と同様、VCSELアレイ、フォトダイオードアレイ、光電変換LSI等を挙げることができ、また、これらの複数を所望の組み合わせで用いることができる。

【0065】 更に、本実施の形態においては、樹脂により形成された筒状部材を有する2以上のアライメントホール60が、マイクロホールアレイ11の孔と並行に設けられており、このアライメントホール11にアライメントピン50が嵌挿されていることが好ましい。アライメントホール60を有する筒状部材65は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、アライメントホール60はその位置精度が極めて優れている。また、このように位置精度に優れたアライメントホール60にアライメントピン50を嵌挿し、このアライメントピン50を、下層の複合配線板(光配線基板48、電気配線基板49)に設けられた所定の固定用の貫通孔等まで嵌挿するため、光電変換デバイスの光デバイス40、及びレンズ72の光軸と、複合配線板(光配線基板48)の光回路部の光軸とを正確に合わせることができる。

【0066】 更に、レンズアレイ基板70を適当な配線基板(光配線基板48)上に配置する際に、この配線基板側にも前記アライメントピン50が嵌挿され得る孔を設けておくことにより、レンズ72が担持された孔の一端と配線基板(光配線基板48)との関係、レンズ72が担持された孔の一端と光デバイス40等との関係に

についても位置精度が良好となる。

【0067】 なお、本発明の光ファイバアレイ基板、及びレンズアレイ基板の、前記筒状部材の構成材料は、樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料であることも、成形性が良好、且つ低収縮であるために好ましい。また、前記複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数10ppm/℃以下のセラミックスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数10ppm/℃以下のセラミックス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックスを用いると、複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制することができるために好ましい。具体的には、熱膨張係数が0.5ppm/℃の非晶質シリカ、1.0ppm/℃のコーディエライト、-8ppm/℃のβ-ユークリプタイト等が好適である。なお、セラミックスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から-8ppm/℃前後である。

【0068】 筒状部材のマトリックスとなる樹脂としては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック(即ち、エポキシ樹脂硬化物)であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は150~250であることが好ましい。エポキシ当量が150未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、250超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点Tgも低下するためである。

【0069】 また、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び/又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点Tgは、100~150℃程度となる。Tgを上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂と前記ノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点Tgを任意に設定することができる。更に、筒状部材の熱膨張係数が5~60ppm/℃であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。このことにより、基材と筒状部材との密着性、及びアライメントホールの位置精度が良好となる。

【0070】 また、筒状部材が、前述の樹脂、又は前述の複合材料を注型し形成されたものであることが、作業性向上等の観点から好ましい。更に、前述の樹脂、又は前述の複合材料の注型時の粘度が10Pa・s以下であることが好ましく、8Pa・s以下であることが更に好ましく、7Pa・s以下であることが特に好ましい。

このことにより、注型の際に十分な流動性が確保される点において好ましい。なお、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば $0.1\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 以上であればよい。

【0071】 また、本発明の更に別の側面は、ガイドピンを嵌挿するための2以上のガイドホールを備え、光ファイバの端面同士を突き合わせて接続するために用いられるコネクタであり、上述してきたマイクロホールアレイに、樹脂により形成された筒状体が外周面に密接して形成されてなる2以上のガイドホールが、光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられていることを特徴とする。

【0072】 図13は、本発明に係るコネクタの一実施形態を模式的に示す斜視図であり、光ファイバを嵌挿するための複数の孔10、及び、ガイドピンを嵌挿するための2つのガイドホール30を備えた筒状体31が、互いに並行となるように設けられている状態を示している。

【0073】 ガイドホール30を内部に備えた筒状体31は、樹脂、即ち、適当な条件下において硬化せしめたプラスチックによって形成されており、このような樹脂は成形性が良好、且つ低収縮であるため、ガイドホール30はその位置精度が極めて優れている。従って、光ファイバアレイ同士を接続するに際して、光ファイバの内部に整列された光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて固定することが可能である。

【0074】 なお、図13においては光ファイバを嵌挿するための孔10の開口面が二次元方向に配置された状態を示しているが、本実施形態のコネクタにおいてはこのような実施形態に限定されず、孔が単に一次元方向に配置された状態であってもよい。

【0075】 本発明においては、筒状体の構成材料が、樹脂だけでなく、樹脂と無機充填物とを含む複合材料により形成されたものであることも好ましい。このような材料構成を有する複合材料は、より成形性が良好、且つ低収縮であるため、例えば図13に示すコネクタ32のガイドホール30は、極めて位置精度に優れている。

【0076】 また、本発明においては、ガイドホールを内部に備えた筒状体を構成する複合材料に含まれる樹脂がエポキシ樹脂であり、無機充填物が熱膨張係数 $10\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックスであることが好ましい。エポキシ樹脂は化学的に安定であるとともに、成形時に良好な流動性を示すためである。また、熱膨張係数 $10\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 以下のセラミックス、即ち、適度に熱膨張係数が小さいセラミックスを用いると、筒状体を形成する複合材料のマトリックスとなるエポキシ樹脂の熱膨張を抑制するために好ましい。具体的には、熱膨張係数が $0.5\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の非晶質シリカ、 $1.0\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ のコーディエライト、 $-8\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ の β -ユークリプタ

イト等を好適に用いることができる。なお、セラミックスの熱膨張係数の下限値は、材料の入手可能性等の観点から $-8\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 前後である。

【0077】 本発明に係るコネクタのガイドホールを内部に備えた筒状体のマトリックスとなるプラスチックとしては、エポキシ樹脂、特に主剤であるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂を硬化剤で硬化せしめたプラスチック（即ち、エポキシ樹脂硬化物）であることが好ましい。主剤となるグリシジルエーテル型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂が好適であり、そのエポキシ当量は $150\sim 250$ であることが好ましい。エポキシ当量が 150 未満では硬化後のプラスチックが硬く、脆くなり過ぎる一方、 250 超では硬化後のプラスチックが適度な硬度にならず、ガラス転移点 T_g も低下するためである。

【0078】 また、本発明においては、前述のグリシジルエーテル型エポキシ樹脂は、ビスフェノールA型エポキシ樹脂及び／又はノボラック型エポキシ樹脂であることが好ましい。ビスフェノールA型エポキシ樹脂のみを主剤として使用し、硬化剤で硬化せしめたプラスチックのガラス転移点 T_g は、 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 程度となる。 T_g を上げる必要がある場合は、ノボラック型エポキシ樹脂を用いることが好ましい。また、ビスフェノールA型エポキシ樹脂とノボラック型エポキシ樹脂を混合して硬化せしめることにより、生成するプラスチックのガラス転移点 T_g を所定の範囲内において適宜設定することができる。

【0079】 本発明においては、ガイドホールを内部に備えた筒状体の熱膨張係数が $5\sim 60\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ であることが好ましく、更には、等方的な熱膨張率を示すことが好ましい。即ち、本体基材とのミスマッチもなく、本体基材と筒状体の密着性に優れるとともに、ガイドホールの位置精度が良好であるため、光ファイバの端面同士を位置精度よく突き合わせて接続することが可能なコネクタである。

【0080】 また、本発明においては、筒状体が樹脂、又は、樹脂と無機充填物とを含む複合材料を注型し形成されたものであることが好ましい。注型によって筒状体を形成するために作業性に優れ、微小形状や複雑形状にも対応できるといったメリットを有する。

【0081】 更に、本発明においては、樹脂、又は樹脂と無機充填物とを含む複合材料の注型時の粘度が $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが好ましく、 $8\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが更に好ましく、 $7\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下であることが特に好ましい。注型による成形法によって筒状体を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の材料の粘度が $10\text{ Pa}\cdot\text{s}$ を超えると材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に十分な流動性を

確保することができる。

【0082】 本発明においては、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば0.1mPa・s以上であればよい。

【0083】 次に、本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法について、図面に基づき説明する。図14は、本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法の一実施形態を示す説明図である。まず、複数のガイド孔

(図示せず)を有する第一金型21及び第二金型23を、ガイドピンを挿入する孔の開口面が対向するように配置し、第一金型21と第二金型23との間に、複数の一次孔20を有する本体基材13を配置する(図14(a)、(b))。

【0084】 次に、第一金型21のガイド孔、本体基材13の一次孔、第二金型23のガイド孔へとゲージピン22を挿入し、第一金型21と本体基材13との間隙に成形材料24を流し込むとともに、第二金型23と本体基材13との間隙を減圧することによって、ゲージピン22と一次孔との間隙に成形材料24を充填する(図14(b)、(c))。なお、図14(c)は図14

(b)のP-P切断面である。次いで、充填された成形材料24を適当な条件下で硬化させた後、ゲージピン22を抜き出すとともに本体基材13を金型から離型して離型体26を得(図14(d))、その離型体26から余剰の硬化した成形材料27を除去することにより、本実施形態のマイクロホールアレイ11を製造することができる(図14(e))。

【0085】 また、前述の孔を形成するに際しては、本体基材の一次孔に樹脂、又は樹脂と無機充填物を含む複合材料を注型し、これを硬化させて硬化体とし、この硬化体を穿設することにより行ってもよい。この硬化体は、セラミックス、ガラス、又は金属等の材質に比して加工性に優れているため、精密ドリル等を用いることにより、位置精度良好な孔を穿設することができる。

【0086】 本体基材の材質はセラミックス、ガラス、若しくは金属のいずれかの材質、又はこれらの材質の2種類以上を組み合わせた複合物である。更に、本発明においては、セラミックス、ガラス、金属、又はこれらの複合物が窒化アルミニウム、ムライト、シリコン、アルミナ、窒化珪素、マイカ、ワラストナイト、炭化珪素、非晶質シリカ、ホウ珪酸ガラス、Eガラス、ソーダライムガラス、ニッケル鋼、タングステン、モリブデン、ステライト、ステンレス鋼、炭素鋼、超硬合金、又はこれらの複合物であることが好ましく、窒化アルミニウムとしては、窒化アルミニウム系マシナブルセラミックスも好ましい。また、前述のニッケル鋼にはコバルト、インバーが含まれる。これらは熱膨張係数が低く、また、ドリル加工等によって孔加工ができるためである。

【0087】 まず図14(a)に示すように、本体基

材13に、所定のサイズ及び配列間隔で穿孔して一次孔20を設ける。なお、本体基材がセラミックス製である場合は焼成前に穿孔することが好ましい。このときの穿孔は定法に従って行えばよく、ドリル加工等の方法によって設ければよい。なお、光ファイバを嵌挿するための孔の径に比して、大きな径の一次孔とする。具体的には、所望とする孔の径に比して1.2~10倍、及び、所望とする孔のピッチの3/4~1/4の径の一次孔とすればよい。このとき、光ファイバを嵌挿するための孔に実質的に要求される±0.001mm以内の位置・寸法精度が、一次孔において達成されている必要性はなく、概ね±0.05mm以内の位置・寸法精度で設けられていればよい。

【0088】 また、一次孔の形状は円形に限定されず、楕円形、角形等であってもよい。更に、一次孔は前述の如くドリル加工等の穿孔によって設けられたものに限定されず、例えば所定の材質からなる基板に適当な間隔、深さ、及び形状の溝部を設け、この溝部が形成された面と、平面部を有する別の部材のこの平面部とを当接することにより、一次孔を形成してもよい。このように形成された一次孔を有する本体基材を使用することにより、図3~6に示すような構造のマイクロホールアレイ11を製造することができる。

【0089】 次に、図14(b)に示すように、所定のサイズ及び配列間隔で穿孔された孔(図示せず)を有する第一金型21、及び第二金型23を、孔が設けられた面が対向するように配置し、これらの間に前述の一次孔を有する本体基材13を配置する。配置後、所定の寸法精度を満足するゲージピン22を、第一金型21の孔、本体基材13の一次孔、第二金型23の孔へと通す。このとき用いるゲージピン22の寸法精度、及び各金型の孔の位置・寸法精度は、光ファイバを嵌挿するための孔の位置・寸法精度に反映されるため、±0.0005mm以内の位置・寸法精度を満足する必要がある。なお、ゲージピン22の径は、各金型の一次孔の径に比して小であることはいうまでもなく、一次孔の径はゲージピンの径の1.2~10倍であればよい。

【0090】 次いで、図14(b)の上方から、第一金型21と本体基材13との間隙に、樹脂、又は樹脂と無機充填物との混合物、及びその他硬化剤をはじめとする適当な添加剤を含有する成形材料を、ゲージピン22と一次孔との間に充填されるように流し込む。なお、成形材料を流し込む際には、一次孔内部にガスが残存することを防止するべく、第二金型23と本体基材13の間隙を吸引し、適当な減圧状態とする(図14(c))。更に、成形材料の粘度が高い場合には成形材料を加圧することも好ましい。

【0091】 なお、成形材料はその後、成形材料中の樹脂を硬化させてプラスチックとすることにより筒状部を形成する。第一金型21と第二金型23、及びゲー

ピン22を取り除くことにより、図14(d)に示す離型体26とし、これを研磨等することによって余剰の硬化した成形材料27を除去して、図1に示す本実施形態のマイクロホールアレイ11を作製することができる。

【0092】 本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法においては、粘度が10Pa・s以下の成形材料を流し込むことが好ましく、8Pa・s以下の成形材料を流し込むことが更に好ましく、7Pa・s以下の成形材料を流し込むことが特に好ましい。所定の型に成形材料を流し込む、いわゆる注型による成形法によって筒状部を形成するためには、樹脂、又は複合材料は注型成形可能な粘度を示すことが重要である。このため、注型時の成形材料の粘度が10Pa・sを超えると成形材料の流動性が充分ではなく、注型成形が困難となる。従って、成形材料の粘度をこの数値以下とすることにより注型の際に充分な流動性を確保することができる。

【0093】 本発明においては、前記粘度の下限値については特に限定されるものではないが、実質的な製造条件等に鑑みれば0.1mPa・s以上であればよい。

【0094】 なお、注型により筒状部を形成するに際し、樹脂を硬化せしめる硬化剤も、注型時の流動性が高く、硬化反応が比較的遅く、且つ溶剤を含有しない硬化剤であることが好ましい。このような条件を満たす硬化剤としては、例えば無水フタル酸、テトラヒドロメチル無水フタル酸、ヘキサヒドロ無水フタル酸、無水トリメリット酸、無水メチルナジック酸、テルペン系酸無水物等の酸無水物が挙げられる。なお、主剤、硬化剤、無機充填剤以外にも、硬化促進剤、カップリング剤、難燃剤等を、必要に応じて適宜添加することができる。

【0095】 なお、図10、11に示すような構造、即ち、テーパ部14を有するマイクロホールアレイを製造するためには、例えば、前述の製造方法により得られた図1に示すような構造のマイクロホールアレイ11の筒状部12をドリル加工や砥石加工する方法、又は、通常のカップピンではなく、段付テーパピン等を使用した、成形材料を硬化させる段階でテーパ部を形成する方法等が好適に採用される。

【0096】 一方、本発明のコネクタは、上述してきた本発明のマイクロホールアレイの製造方法に準じて製造することができる。即ち、複数の一次孔に加えて、ガイドホールを形成するための2以上の一次孔を有する本

体基材と、これに対応する金型を用いればよい。ここでいう、ガイドホールを形成するための2以上の一次孔の径は、所望とするガイドホールの径に比して1.2～1.0倍であればよく、概ね±0.05mm以内の位置・寸法精度で設けられていればよい。

【0097】

【実施例】 以下、本発明を実施例に基づいて更に具体的に説明する。

(実施例1) 窒化アルミニウム製の本体基材(熱膨張係数:3ppm/℃、20mm×20mm×5mm)を用意し、図15に示すように、ドリル加工によって0.6mmφの一次孔20を計64個設けた。次に、図14

(b)に示すように所定のサイズ及び配列間隔で穿孔(ワイヤー放電加工)された孔(図示せず)を有する第一及び第二金型(材質:インバー、熱膨張係数:3ppm/℃)21、23を、孔が設けられた面が対向するように配置し、これらの間に前述の一次孔を有する本体基材13を配置した。配置後、ゲージピン22(0.126mmφ±0.0005mm)を、第一金型21の孔、本体基材13の一次孔、第二金型23の孔へと通した。

【0098】 樹脂としてビスフェノールA型エポキシ樹脂を100重量部、硬化剤として脂環式酸無水物を110重量部、硬化促進剤としてイミダゾールを0.5重量部、平均粒径1μmの球状の非晶質シリカを320重量部、アミノ系シランカップリング剤を1重量部、難燃化剤としてヘキサブロモベンゼンを95重量部とし、それぞれを攪拌羽根式混合機に投入し、80℃にて混合した。この混合物(成形材料)を第一金型21と本体基材13との間隙に適当な減圧条件下で流し込み、注型した。

【0099】 その後、80℃で3時間、次いで130℃で12時間加熱して樹脂を硬化させた。冷却後、ゲージピン22を抜き取りとともに第一金型21、第二金型23から本体基材13を取り出し(図14(c))、余剰の成形材料及びを除去することにより、マイクロホールアレイ11を作製した(図14(e))。得られたマイクロホールアレイ11の寸法、各種物性値を表1に示す。

【0100】

【表1】

孔の配置	8×8(個)
孔のピッチ	1.25mm×1.25mm±0.002mm
孔径	0.126mm±0.001mm
熱膨張係数	3ppm/℃

【0101】 表1に示す通り、本発明のマイクロホールアレイは、光ファイバを嵌挿するための孔が極めて位置・寸法精度よく配列されていることを確認することができた。

【0102】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のマイクロホールアレイは、所定の材料により形成された筒状部と、低熱膨張率のセラミックス等により形成された本体

基材により構成されているために、光ファイバを嵌挿するための孔が極めて優れた位置・寸法精度で配列されている。また、本発明の光ファイバアレイは、前記マイクロホールアレイに光ファイバを嵌挿して作製されているために、光ファイバが極めて位置・寸法精度よく配列されている。また、低熱膨張率の材質によって構成されているために、光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムに組み込み、このシステム内部において温度分布が生じた場合であっても、光信号の正確な伝達が確保される。

【0103】 また、本発明のレンズアレイは、前記マイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されているものであるために、光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムに組み込み、このシステム内部において温度分布が生じた場合であっても、光信号の正確な伝達が確保される。更に、本発明の光ファイバアレイ基板は、前記マイクロホールアレイと、このマイクロホールアレイの孔に、所定の構成となるように嵌挿された光ファイバとを備えるものであるため、これに光電変換デバイスを配置して用いた場合に光信号の伝達阻害等が起こり難く、正確な光信号の送受信等が可能である。

【0104】 また、本発明のレンズアレイ基板は、所定のマイクロホールアレイの孔の内部にレンズが担持されているものであるため、これに光電変換デバイスを配置して用いた場合に、別の構成部材としてのレンズアレイを配置する必要がなく、位置合わせの省略や、装置全体の小型化が可能である。

【0105】 更に、本発明のコネクタは、前記マイクロホールアレイに、ガイドホールを備えるとともに所定の材料により形成された筒状体が光ファイバを嵌挿するための複数の孔と並行に設けられているために、ガイドホールが極めて優れた位置・寸法精度で配列されており、光ファイバの端面同士を位置精度良好に突き合わせて固定することが可能である。また、本発明のマイクロホールアレイの製造方法によれば、前述の光ファイバを嵌挿するための孔が極めて優れた位置・寸法精度で配列されたマイクロホールアレイを、簡便、且つ低コストで製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るマイクロホールアレイの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図2】 図1のA部拡大図である。

【図3】 本発明に係るマイクロホールアレイの別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図4】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図5】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別

の実施形態を示す部分拡大図である。

【図6】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図7】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図8】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図9】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

10 【図10】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図11】 本発明に係るマイクロホールアレイの更に別の実施形態を示す部分拡大図である。

【図12】 光信号から光信号へと接続するスイッチングシステムを説明する模式図である。

【図13】 本発明に係るコネクタの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図14】 本発明に係るマイクロホールアレイの製造方法の一実施形態を示す説明図である。

20 【図15】 本体基材の一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図16】 従来のマイクロホールアレイの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

【図17】 本発明に係る光ファイバアレイと、光電変換デバイスとを組み合わせた一実施形態を模式的に示す斜視図である。

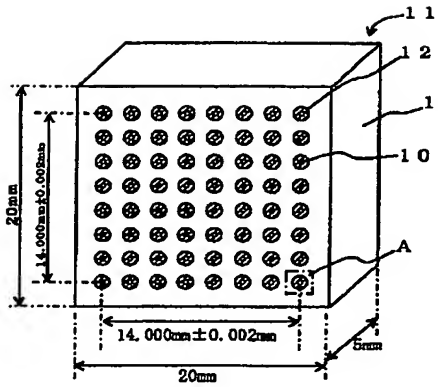
【図18】 本発明に係る光ファイバアレイと、光デバイスとの接続部付近を模式的に示す部分拡大図である。

30 【図19】 本発明に係るレンズアレイと、光電変換デバイスを組み合わせた一実施形態を模式的に示す斜視図である。

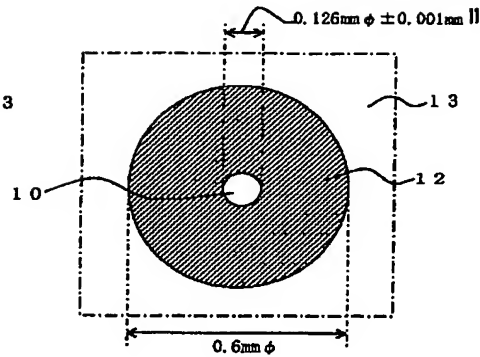
【符号の説明】

1…光ファイバアレイ、2…光ファイバ、3…ミラーアレイ、4…シリコン基板、5…可動式ミラー、6…レンズ、10…孔、11…マイクロホールアレイ、12…筒状部、13…本体基材、14…テーパ部、20…一次孔、21…第一金型、22…ゲージピン、23…第二金型、24…成形材料、25…ディスペンサー、26…離型体、27…硬化した成形材料、30…ガイドホール、31…筒状体、32…コネクタ、40…光デバイス、42…光信号送受信部、43…集積回路、45…マイクロレンズ、46…光信号、47…コア、48…光配線基板、49…電気配線基板、50…アライメントピン、55…光ファイバアレイ基板、60…アライメントホール、65…筒状部材、70…レンズアレイ基板、71…配線基板、72…レンズ。

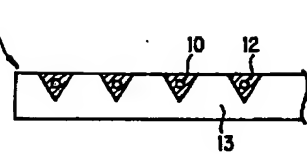
【図1】



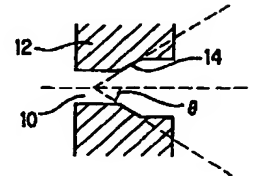
【図2】



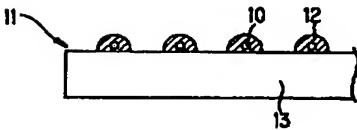
【図3】



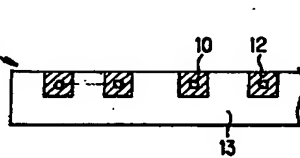
【図11】



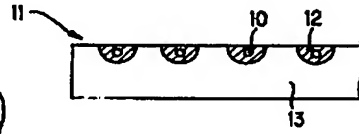
【図4】



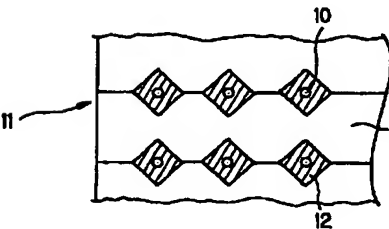
【図5】



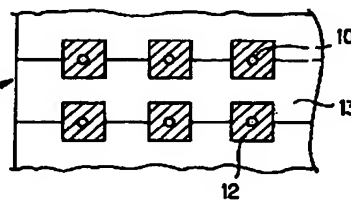
【図6】



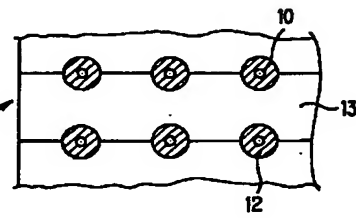
【図7】



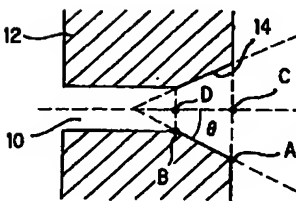
【図8】



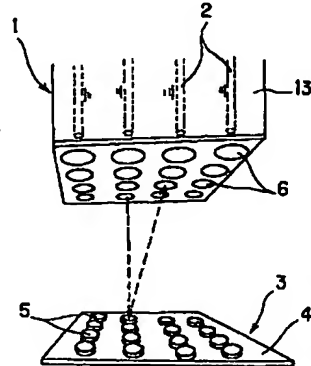
【図9】



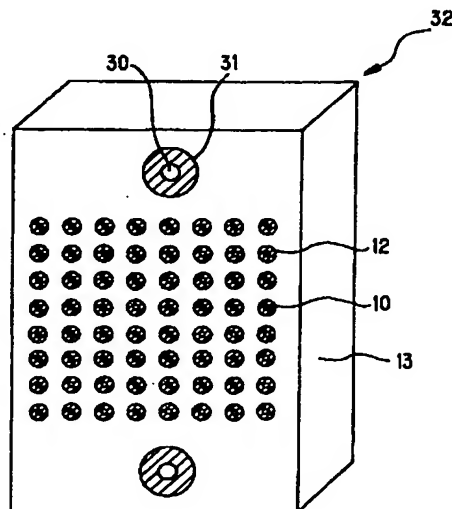
【図10】



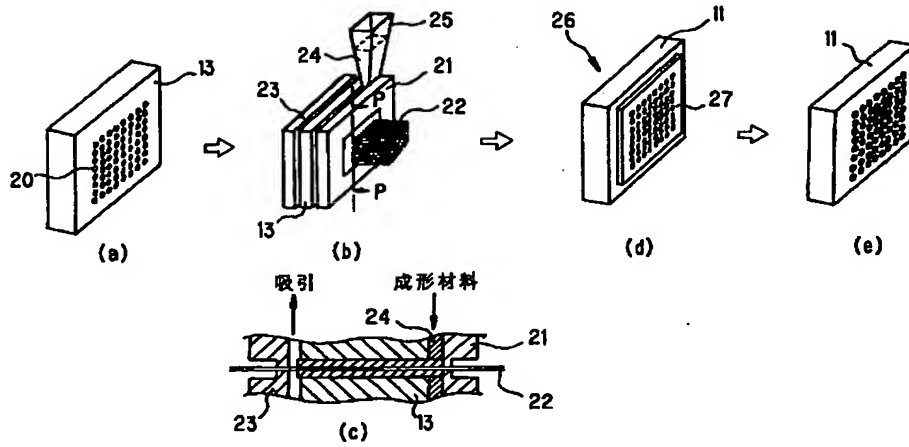
【図12】



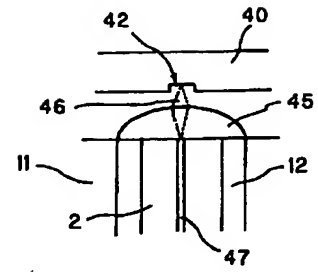
【図13】



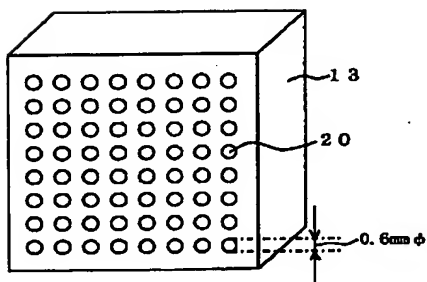
【図14】



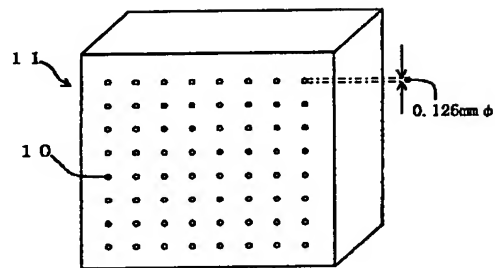
【図18】



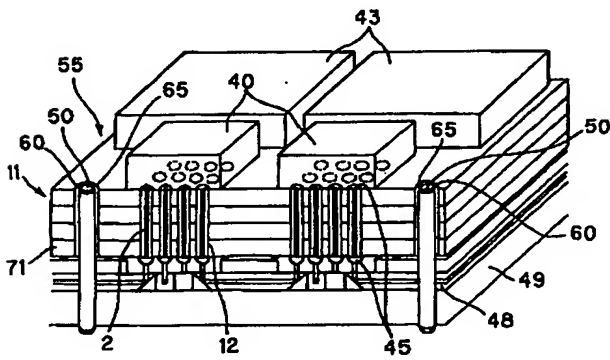
【図15】



【図16】



【図17】



【図19】

